

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 3633107 A1

⑯ Int. Cl. 4:

F02M 51/04

F02M 41/12

F02M 59/20

⑯ Aktenzeichen: P 36 33 107.4  
⑯ Anmeldetag: 30. 9. 86  
⑯ Offenlegungstag: 15. 10. 87

15.10.1987  
15.10.1987

⑯ Innere Priorität: ⑯ ⑯ ⑯

10.04.86 DE 36 12 152.5

⑯ Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:

Paganon, Henri, Veinissieux, FR; Pape, Werner,  
Dipl.-Ing., Jonage, FR; Rodriguez-Amaya, Néstor,  
Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE; Schmitt, Alfred,  
Dr.Ing., 7257 Ditzingen, DE

⑯ Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen

Es wird eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen vorgeschlagen, bei welcher über ein elektrisch gesteuertes Ventil (20) eine Verbindung von einem Pumpenarbeitsraum (6) einer Kraftstoffeinspritzpumpe zu einem Kraftstoffniederdruckraum (8) hergestellt wird und die Schaltzeiten und Bewegungszeiten des Ventilgliedes (18) des Ventils (20) mit Hilfe eines Schaltstellungsgebers (21) erfaßt werden. Die Istschaltzeiten werden zur Korrektur der Steuerzeiten des Ventils (20) und damit zur Korrektur der zur Einspritzung gelangenden Kraftstoffmenge herangezogen (Fig. 1).

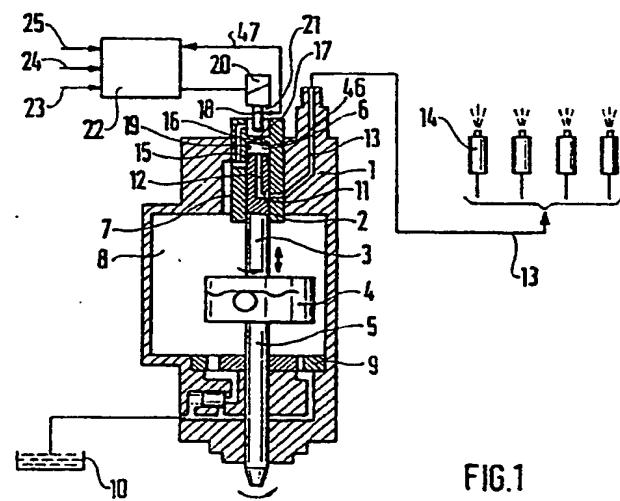


FIG.1

DE 3633107 A1

## Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen mit einer einen Pumpenkolben und einen von diesem begrenzten Pumpenarbeitsraum aufweisenden Kraftstoffeinspritzpumpe, insbesondere einer Kraftstoffeinspritzpumpe der Verteiler-einspritzpumpenbauart, mit einem in einer Verbindungsleitung zwischen dem Pumpenarbeitsraum und einem Kraftstoffniederdruckraum angeordneten, elektrisch zwischen zwei Schaltstellungen gesteuerten Ventil, durch dessen Schaltzeiten die pro Pumpenkolbenförderhub zur Einspritzung gelangende Kraftstoffmenge bestimmbar ist, und mit einer Steuereinrichtung zum Schalten des Ventils in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine, gekennzeichnet durch einen mit der Steuereinrichtung (22) verbundenen Schaltstellungsgeber (21; 21'; 21''), der die momentane Schaltstellung des Ventils (20; 20'; 20'') erfaßt und die Istschaltzeiten des Ventils (20; 20'; 20'') kennzeichnende elektrische Signale der Steuereinrichtung (22) zur Korrektur der Ventilschaltung zu führt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schaltstellungsgeber (21; 21'; 21'') den Bewegungsbeginn des Ventilgliedes (18) des Ventils (20; 20'; 20'') als Bewegungsbeginnsignal (BSP, BÖP) und das Bewegungsende des Ventilglieds (18) als Bewegungsendesignal (BEP, EEP) ausgibt und daß die Steuereinrichtung (22) den Zeitabstand zwischen einem ersten Bewegungsendesignal (BEP) und einem darauffolgenden Bewegungsbeginsignal (BÖP) als Istwert für die zumeßwirksame Steuerzeit des Ventils (20; 20'; 20'') und für die tatsächlich zur Einspritzung gelangende Kraftstoffmenge erfaßt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung die Zeit zwischen Auftreten eines zweiten Bewegungsbeginsignals (BÖP) und eines darauffolgenden Bewegungsendesignals (EEP) als zweite Bewegungsphase mißt und diese nach Multiplikation mit einem zweiten Faktor der zumeßwirksamen Steuerzeit für die tatsächlich zur Einspritzung gelangende Kraftstoffmenge hinzuaddiert.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (22) die Zeit zwischen Auftreten eines Bewegungsbeginsignals (BSP) und eines darauffolgenden ersten Bewegungsendesignals (BEP) als erste Bewegungsphase mißt und diese nach Multiplikation mit einem ersten Faktor der zumeßwirksamen Steuerzeit für die tatsächlich zur Einspritzung gelangende Kraftstoffmenge hinzuaddiert.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 – 4, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Bewegungsendesignal (BEP) den Schließzustand und das zweite Bewegungsendesignal (EEP) den Öffnungszustand des Ventils (20; 20'; 20'') kennzeichnet und daß das Ventil (20; 20'; 20'') derart angesteuert ist, daß die zumeßwirksame Steuerzeit das Ventil (20; 20'; 20'') während des Pumpenkolbenförderhubs in seinem Schließzustand hält.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 – 4, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Bewegungsendesignal (BEP) den Öffnungszustand und das zweite Bewegungsendesignal (EEP) den Schließzustand

des Ventils (20; 20'; 20'') kennzeichnet und daß das Ventil (20; 20'; 20'') derart angesteuert ist, daß die zumcßwirksame Steuerzeit das Ventil (20; 20'; 20'') während des Pumpenkolbenförderhubs in seinem Öffnungszustand hält.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil (20) ein metallisches Ventilgehäuse (40) mit einem eine Durchflußöffnung (46) umgebenden Ventilsitz (17) und ein mit diesem korrespondierendes Ventilglied (18) aufweist, das in dem Ventilgehäuse (40) axial verschieblich geführt und zum Freigeben und Absperren der Durchflußöffnung (46) von einem elektrischen Schaltantrieb (34, 36) betätigbar ist, daß das Ventilglied (18) gegenüber dem Ventilgehäuse (40) elektrisch isoliert und mit einem Pol einer Meßspannungsquelle (42) verbunden ist, an deren Gegenpol sowohl das Ventilgehäuse (40) als auch ein Anschlag (39) zur Hubbegrenzung des Ventilglieds (18) angeschlossen sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Anschlag (39) aus Leitplastikmaterial besteht und mit dem Ventilgehäuse (40) elektrisch leitend verbunden ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil (20') ein metallisches Ventilgehäuse (40) mit einem eine Durchflußöffnung (46) umgebenden Ventilsitz (17) und ein mit diesem korrespondierendes Ventilglied (18) aufweist, das in dem Ventilgehäuse (40) axial verschieblich geführt und zum Freigeben und Absperren der Durchflußöffnung (46) von einem elektrischen Schaltantrieb (34, 36) betätigbar ist, und daß an einem im Ventilgehäuse (40) befestigten Anschlag (39) zur Hubbegrenzung des Ventilglieds (18) eine Scheibe (57) aus piezoelektrischer Keramik befestigt ist, die auf beiden Stirnseiten jeweils eine metallische Elektrode (58, 59) trägt, die mit einem Spannungsmeßgerät (67) verbunden sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Elektrode (58) mit dem Anschlag (39) und die andere Elektrode (59) mit einem gegenüber dem Anschlag (39) und dem Ventilgehäuse (40) isolierten Steckkontakt (64) jeweils elektrisch leitend verbunden ist und daß das Ventilgehäuse (40) an dem einen Pol und der Steckkontakt (64) an dem anderen Pol des Spannungsmeßgerätes (67) angeschlossen ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Anschlag (39) als in dem Ventilgehäuse (40) befestigter Bolzen (50) mit einer ein Innengewinde (55) aufweisenden axialen Sackbohrung (54) ausgebildet ist, daß die Piezoscheibe (57) mit einer ihrer Elektroden (58) auf dem radial sich erstreckenden Bohrungsgrund (56) aufliegt und auf diesem durch eine in der Sackbohrung (54) eingeschraubte hohlzylindrische Feststellschraube (61) über einen Anpreßring (60) verspannt ist und daß der mit der anderen Elektrode (59) verbundene Steckkontakt (64) durch die Ringöffnung des Anpreßring (60) hindurchtritt und sich im Innern der Feststellschraube (61) axial erstreckt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Stirnfläche des Anpreßring (60) und der dieser zugekehrten Elektrode (59) der Piezoscheibe (57) ein mit dem Steckkontakt (64) verbundener scheibenförmiger Kontakt-Ring (63) angeordnet ist und daß Anpreßring (60)

und Kontaktring (63) mit Steckkontakt (64) eine Baueinheit bilden.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Piezoscheibe (57) an einem Ende des Bolzens (50) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil (20') ein metallisches Ventilgehäuse (40) mit einem eine Durchflußöffnung (46) umgebenden Ventilsitz (17) und ein mit diesem korrespondierendes Ventilglied (18) aufweist, das in dem Ventilgehäuse (40) axial verschieblich geführt und zum Freigeben und Absperren der Durchflußöffnung (46) von einem elektrischen Schaltantrieb (34, 36) betätigbar ist, daß das Ventilglied (18) an seinem vom Ventilsitz (17) abgekehrten Ende eine metallische Scheibe (36) trägt, daß ein Anschlag (39) zur Hubbegrenzung des Ventilglieds (18) von einer isoliert angeordneten metallischen Ringscheibe (70) umgeben ist und daß Scheibe (36) und Ringscheibe (70) einen Ringkondensator bilden, der mit einer Meßvorrichtung (72) zur Messung der Kapazitätsänderung des Ringkondensators bei Ventilgliedhub verbunden ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringscheibe (70) im Ventilgehäuse (40) elektrisch isoliert befestigt und mit einer durch das Ventilgehäuse (40) isoliert hindurchgeführten Anschlußleitung (71) für die Meßvorrichtung (72) leitend verbunden ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 – 15, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrisch gesteuerte Ventil (20, 20'; 20'') ein 2/2-Wege-Magnetventil ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheibe des Ringkondensators von der Ankerplatte (36) des Elektromagneten (34) gebildet ist, an welcher das Ventilglied (18) befestigt ist.

#### Beschreibung

#### Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Brennkraftmaschinen, der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

Die bei einer bekannten Kraftstoffeinspritzvorrichtung dieser Art verwendeten elektrisch gesteuerten Ventile, die meistens Elektromagnetventile sind, weisen Schaltzeiten auf, die im wesentlichen konstant und durch die Ventilkonstruktion bestimmt sind. Für eine genaue Bemessung der Kraftstoffeinspritzmenge müssen daher bei der Festlegung der Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Ventile die Drehzahl und unter Umständen auch der Spritzzeitpunkt berücksichtigt werden. Dies geschieht im Hinblick darauf, daß die Schaltgeschwindigkeit bzw. der Zeitbedarf für das Öffnen oder Schließen der Ventile in der Regel konstant ist, so daß während der Bemessungsphase für die Kraftstoffeinspritzmenge die beiden Schaltvorgänge im Hinblick auf die sich ändernde Drehzahl die Bemessungsgenauigkeit beeinflussen. Aus diesem Grund ist man daher bestrebt, Ventile mit möglichst kleiner Schaltzeit zu verwenden, so daß der Drehzahlfehler in die Bemessung der Kraftstoffeinspritzmenge nicht oder nur in einem zu vernachlässigenden Maße eingeht.

Weiterhin wird die Zumessung der Kraftstoffeinspritzmenge durch Exemplarstreuungen der verwendeten Ventile beeinflußt. Z.B. kann sich die Schaltzeit des Ventils aus konstruktiven Gegebenheiten während der

5 Lebensdauer des Ventils ändern, was über eine Langzeitdrift die Zumessung der Kraftstoffeinspritzmenge wiederum negativ beeinflußt. Schließlich können bei solchen Ventilen auch Fehlverhalten anderer Art auftreten, wie z.B. ein Hängenbleiben oder Klemmen des Ventilgliedes, was dann je nach Umständen zu einer Zerstörung der Brennkraftmaschine führen kann, wenn nicht zusätzlich anderweitige Sicherheitsmaßnahmen vorgenommen sind. Solche Sicherheitsmaßnahmen sind jedoch wiederum technisch sehr aufwendig.

15 Es sind weiterhin in Verbindung mit einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung der eingangs genannten Art verwendete Einspritzdüsen bekannt, bei denen die Ventilnadel gegenüber ihrer Führungsbohrung bzw. dem sie tragenden Gehäuse elektrisch isoliert ist, mit einer Meßspannungsquelle verbunden ist und in Schließstellung leitenden Kontakt über den Ventilsitz mit dem elektrisch leitenden Gehäuse der Einspritzdüse bzw. der Masse hat, die mit dem anderen Pol der Meßspannungsquelle verbunden ist.

20 25 Mit einer solchermaßen ausgestalteten Einspritzdüse wird der Spritzbeginn bei Öffnen der Einspritzdüse erfaßt, wobei über die Einspritzdüse eine zuvor vorgegebene Kraftstoffeinspritzmenge zur Einspritzung gelangt. Die Zuführung dieser Kraftstoffeinspritzmenge bewirkt das Öffnen der Einspritzdüse und hält die Düsennadel solange in geöffneter Stellung, solange über die laufende Zufuhr von Kraftstoff der notwendige Einspritzdruck aufrechterhalten wird. Das Schließen der Düsennadel wird durch Beendigung der Kraftstoffzufuhr bewirkt.

#### Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzvorrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß die über das elektrisch gesteuerte Ventil zugemessene Kraftstoffeinspritzmenge sehr genau erfaßt werden kann. Die Istschaltzeiten des Ventils, d.h. die Zeitpunkte des Erreichens des jeweils anderen Schaltzustandes, also des Schließ- bzw. des Öffnungszustandes, werden sehr genau festgestellt, so daß exakt die Dauer der zumessungswirksamen Schaltstellung des Ventils erfaßt wird.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Kraftstoffeinspritzvorrichtung möglich.

Gemäß den in Anspruch 3 und 4 angegebenen Ausführungsbeispielen der Erfindung kann zusätzlich der Öffnungsvorgang und der Schließvorgang des Ventils oder einer der beiden mit erfaßt werden und über jeweils einen empirisch ermittelten Faktor der zumeßwirksamen Steuerzeit für die tatsächlich zur Einspritzung gelangende Kraftstoffmenge hinzuaddiert werden. Dadurch wird die Erfassung des für die Bemessung der Kraftstoffeinspritzmenge relevanten Zeitraumes noch genauer, so daß die Steuereinrichtung die Schaltzeitpunkte des Ventils laufend korrigieren kann. Dies spielt insbesondere bei der Verwendung eines Magnetventils eine wesentliche Rolle, bei dem die Schlußphase, bei der die Magneterregung abgeschaltet wird, von großem Einfluß auf die effektive Steuerzeit des Magnetventils ist.

Gemäß den weiteren Ausführungsbeispielen in Anspruch 5 oder 6 lässt sich bei der erfundungsgemäßen Kraftstoffeinspritzvorrichtung das elektrisch gesteuerte Ventil sowohl als Zumeßventil, mit dem während der Saugphase des Pumpenkolbens die beim anschließenden Förderhub des Pumpenkolbens zur Einspritzung gelangende Kraftstoffmenge vom Niederdruckkraftstoffraum dem Pumpenarbeitsraum zugemessen wird, als auch als Spritzdauer-Steuerventil oder Absteuerventil verwenden, bei dem sich im Pumpenarbeitsraum so lange kein Einspritzdruck aufbauen kann, solange das Ventil geöffnet ist.

Vorteilhafte Ausführungsbeispiele zur technischen Realisierung des Schaltstellungsgebers sind jeweils in Anspruch 7, 9 und 14 niedergelegt. Alle diese Schaltstellungsgeber zeichnen sich durch einen einfachen Einbau in die Kraftstoffeinspritzpumpe und durch weitgehende Verschleißfreiheit aus. Eine Ankopplung zusätzlicher Massen an das Ventilglied oder die Ventilnadel, welche die Schaltzeiten des Ventils negativ beeinflussen, wird vermieden. Die elektromagnetischen Schaltvorgänge können das elektrische Signal des Schaltstellungsgebers nicht verfälschen.

#### Zeichnung

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen jeweils in schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung mit einer im Längsschnitt dargestellten Kraftstoffeinspritzverteilerpumpe und einem als Absteuerventil verwendeten 2/2-Wege-Magnetventil,

Fig. 2 einen Längsschnitt des 2/2-Wege-Magnetventils in Fig. 1 in vergrößerter Darstellung,

Fig. 3 ein Diagramm des Magnetventilhubs und ein Diagramm des Ausgangssignals eines Schaltstellungsgebers im 2/2-Wege-Magnetventil in Fig. 1, jeweils in Abhängigkeit von der Zeit,

Fig. 4 einen Längsschnitt eines 2/2-Wege-Magnetventils der Kraftstoffeinspritzvorrichtung in Fig. 1 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, vergrößert dargestellt.

Fig. 5 eine vergrößerte Darstellung des Ausschnittes A in Fig. 4,

Fig. 6 drei Zeitdiagramme, und zwar jeweils der Verlauf der Erregerspannung des 2/2-Wege-Magnetventils (a), des Magneterregerstroms (b) und des Ausgangssignals des Schaltstellungsgebers im 2/2-Wege-Magnetventil in Fig. 4,

Fig. 7 einen Längsschnitt des 2/2-Wege-Magnetventils der Kraftstoffeinspritzvorrichtung in Fig. 1 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel, vergrößert dargestellt,

Fig. 8 eine vergrößerte Darstellung des Ausschnittes B in Fig. 7.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Bei der in Fig. 1 als Beispiel einer Kraftstoffeinspritzpumpe der Kraftstoffeinspritzvorrichtung im Längsschnitt dargestellten Kraftstoffverteiler-einspritzpumpe ist in einem Gehäuse 1 eine Buchse 2 angeordnet, in deren Zylinderbohrung 19 ein Pumpenkolben 3 in bekannter Weise eine hin- und hergehende und zugleich rotierende Bewegung ausführt. Der Pumpenkolben 3 ist durch einen Nockenantrieb 4 über eine Welle 5 ange-

trieben, welche synchron zu der Drehzahl der von der Kraftstoffeinspritzpumpe mit Kraftstoff versorgten Brennkraftmaschine rotiert. Durch die Stirnfläche des Pumpenkolbens 3 und durch die Buchse 2 wird ein Pumpenarbeitsraum 6 begrenzt, welcher über einen Versorgungskanal 7 mit einem Kraftstoffniederdruckraum oder Saugraum 8 im Gehäuse 1 der Kraftstoffeinspritzpumpe verbunden ist. Der Saugraum 8 wird über eine Förderpumpe 9 mit Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter 10 versorgt. Aus dem Pumpenarbeitsraum 6 wird über eine Verteileröffnung 11, die am Umfang des Pumpenkolbens 3 innerhalb der Buchse 2 mündet und über einen längs im Pumpenkolben 3 verlaufenden Druckkanal 12 ständig mit dem Pumpenarbeitsraum 6 verbunden ist, der Kraftstoff bei entsprechender Drehung des Pumpenkolbens 3 zu Druckleitungen 13 hin verteilt. Die Druckleitungen 13 führen über die Buchse 2 und das Gehäuse 1 zu Einspritzdüsen 14 der Brennkraftmaschine. Die Anzahl der von der Verteileröffnung 11 versorgten Druckleitungen 13 entspricht der Zahl der zu versorgenden Einspritzdüsen 14 der Brennkraftmaschine. Die Druckleitungen 13 sind entsprechend der Versorgungsfrequenz in einer radialen Ebene um den Pumpenkolben 13 herum verteilt angeordnet. Anstelle einer Verteilereinspritzpumpe kann aber auch eine Kraftstoffeinspritzpumpe der bekannten Reihenbauart bzw. der Pumpendüsenbauart verwendet werden.

In dem dem Pumpenarbeitsraum 6 zugewandten Endbereich des Pumpenkolbens 3 sind zur Stirnfläche und damit zum Pumpenarbeitsraum 6 hin offene Längsnuten 15 am Pumpenkolben 3 vorgesehen, über die während des Saughubes des Pumpenkolbens eine Verbindung zwischen dem Versorgungskanal 7 und dem Pumpenarbeitsraum 6 hergestellt wird. Von dem Pumpenarbeitsraum 6 zweigt an einer durch den Pumpenkolben 3 nicht beeinflussbaren Stelle eine Verbindungsleitung 16 ab, die zum Versorgungskanal 7 hin führt. Die Verbindungsleitung 16 kann aber auch unmittelbar zur Saugseite des Pumpenkolbens 3 oder direkt zum Saugraum 8 geführt sein. Die Verbindungsleitung 16 ist endseitig von einer Durchflußöffnung 46 begrenzt, die von einem Ventilsitz 17 umgeben ist. Mit dem Ventilsitz 17 arbeitet ein Ventilglied 18 eines elektrisch gesteuerten Ventils 20 zusammen, das in den Ausführungsbeispielen als 2/2-Wege-Magnetventil ausgebildet ist. Je nach Schaltstellung des Ventils 20 wird die Durchflußöffnung 46 freigegeben oder abgesperrt und damit die Verbindungsleitung 16 zu dem Versorgungskanal 7 und damit zu dem Saugraum 8 geöffnet oder geschlossen.

Dem Ventilglied 18 des Ventils 20 ist ein Schaltstellungsgeber 21 zugeordnet, der die momentane Schaltstellung des Ventils 20 erfaßt und ein entsprechendes elektrisches Signal 47 einer elektronischen Steuereinrichtung 22 zuführt. Diese schaltet in Abhängigkeit von verschiedenen Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine, wie Last 23, Drehzahl 24, Temperatur 25, unter Berücksichtigung der vom Schaltstellungsgeber 21 kommenden, die tatsächliche Schaltstellung des Ventils 20 und damit dessen Schaltzeitpunkt kennzeichnenden elektrischen Signale 47 das Ventil 20.

Das elektrisch gesteuerte Ventil 20 in der Ausführungsform eines 2/2-Wege-Magnetventils ist in Fig. 2 im Längsschnitt und vergrößert dargestellt. Das Ventil 20 kann mit seinem Ventilgehäuse 40 in die Buchse 2 eingeschraubt werden und begrenzt damit gleichzeitig den Pumpenarbeitsraum 6. In dem mit dem Ventilgehäuse 40 einstückigen Schraubteil 27, das der Verbindung mit dem Gehäuse 1 der Kraftstoffeinspritzpumpe

dient, verläuft dann die Verbindungsleitung 16 bis hin zu dem die Durchflußöffnung 46 umgebenden Ventilsitz 17 und von diesem stromabwärts über einen Ventilraum 29 und weitere Abschnitte der Verbindungsleitung 16 zum Versorgungskanal 7. Mit dem Ventilsitz 17 arbeitet ein kegeloder pilzförmig ausgebildeter Abschnitt 28 des Ventilgliedes 18 zusammen, das mit einem zylindrischen Abschnitt 30 in einer Führungsbohrung 31 geführt wird. Die Führungsbohrung 31 befindet sich innerhalb eines mit dem Ventilgehäuse 40 einstückigen zentralen Kerns 33, der von einer Magnetspule 34 umgeben ist. Im Bereich der Führungsbohrung 31 ist der zylindrische Abschnitt 30 des Ventilglieds 18 gegenüber der Führungsbohrung 31 elektrisch isoliert, was mit einer entsprechenden Beschichtung 35 erfolgen kann. An dem dem kegel- oder pilzförmigen Abschnitt 28 des Ventilglieds 18 abgewandten Ende ist das Ventilglied 18 mit einer Ankerplatte 36 verbunden. Zwischen der Ankerplatte 36 und dem Kern 33 ist eine in Ventilöffnungsrichtung wirkende Druckfeder 37 eingespannt, welche die Ankerplatte 36 bei nicht erregter Magnetspule 34 zur Anlage an einem Anschlag 39 zur Hubbegrenzung des Ventilglieds 18 bringt. Der Anschlag 39 ist in dem metallischen Ventilgehäuse 40 befestigt und mit diesem elektrisch leitend verbunden, während die Druckfeder 37 von dem Kern 33 bzw. dem Ventilgehäuse 40 durch eine Isolierung 38 elektrisch getrennt ist. Bei stromloser Magnetspule 34 hat also das Ventilglied 18 elektrischen Kontakt über die Ankerplatte 36 und den Anschlag 39 mit dem Gehäuse 40. Bei bestromter Magnetspule 34 befindet sich das Ventilglied 18 in der in Fig. 2 dargestellten Schließstellung und hat dann elektrischen Kontakt über den pilzförmigen Abschnitt 28 und den Ventilsitz 17 zum Gehäuse 40.

Weiterhin ist eine elektrisch isolierte Zuleitung 41 vorgesehen, die isoliert durch das Gehäuse 40 hindurch bis zur Druckfeder 37 geführt ist. Dort besteht ein elektrischer Kontakt zwischen der elektrischen Zuleitung 41 und der Druckfeder 37 und über letztere damit zur Ankerplatte 36 und dem Ventilglied 18. Die Zuleitung 41 ist mit dem einen Pol einer Meßspannungsquelle 42 unter Zwischenschaltung eines Widerstandes 43 verbunden. Der andere Pol der Meßspannungsquelle 42 ist an dem Gehäuse 40 angeschlossen. Zwischen dem Verbindungspunkt 44 von Zuleitung 41 und Widerstand 43 und dem Gehäuse 40 wird eine Meßspannung abgegriffen, die für die momentane Stellung des Ventilglieds 18 kennzeichnend ist. Der Spannungsabgriff ist durch das Meßinstrument 45 in Fig. 2 versinnbildlicht.

In Fig. 3 ist im oberen Diagramm der Hub *S* oder Verstellweg des Ventilglieds 18 in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Im unteren Diagramm der Fig. 3 ist die vom Meßinstrument 45 gemessene Steuerspannung am Verbindungspunkt 44 dargestellt, welche das Ausgangssignal 47 des Schaltstellungsgebers 21 in Fig. 1 bildet. Zunächst ist bei stromloser Magnetspule 34 das Ventilglied 18 in Offenstellung. Dabei liegt die Ankerplatte 36 am Anschlag 39 an, so daß der Masseschluß der elektrischen Zuleitung 41 hergestellt ist und die Spannung am Verbindungspunkt 44 zusammenbricht. Im Punkt *BSP* (Beginn der Schließperiode) hebt nun nach einer vorangegangenen Einschaltverzugszeit, gemessen von Anlegen eines Stromimpulses an die Magnetspule 34, die Ankerplatte 36 von dem Anschlag 39 ab. In diesem Augenblick wird die Verbindung zur Masse unterbrochen und die am Verbindungspunkt 44 abgegriffene Spannung steigt auf einen Wert *U* 1 an (unteres Diagramm in Fig. 3). Der Hub des Ventilgliedes 18 und damit der

Schließvorgang des Ventils 20 ist im Punkt *BEP* (Beginn der Einspritzperiode) beendet. Der Abschnitt 28 des Ventilgliedes 18 sitzt auf dem Ventilsitz 17, so daß der Kontakt zur Masse wieder hergestellt und die Meßspannungsquelle 42 wieder kurzgeschlossen ist. Die mit dem Meßinstrument 45 erfaßte Spannung bricht wieder zusammen. Im folgenden Zeitraum erfolgt die Kraftstoffeinspritzung, die bereits unter Umständen auch schon im Bereich *BSP* – *BEP* nach Erreichen einer bestimmten Druckhöhe begonnen haben kann.

Auf ein Steuersignal der Steuereinrichtung 22 hin wird die Erregung der Magnetspule 34 abgeschaltet. Nach einer Ausschaltverzugszeit, während der Restkräfte des Magnetkreises das Ventilglied noch in Schließstellung halten, wird der Punkt *BÖP* (Beginn der Öffnungsperiode) erreicht. Hier beginnt das Ventilglied 18 unter Einwirkung der Druckfeder 37 vom Ventilsitz 17 abzuheben. In diesem Moment steigt die am Verbindungspunkt 44 abgegriffene Spannung wieder auf den Wert *U* 1 an und bricht erst dann wieder zusammen, wenn die mit dem Ventilglied 18 verbundene Ankerplatte 36 den Anschlag 39 erreicht hat. Dies ist der Punkt *EFP* (Ende der Einspritzperiode). Durch den Schaltstellungsgeber 21 erhält man somit unabhängig von der Steuerzeit des Bestromungsimpulses der Magnetspule 34 sehr exakte Signale für die tatsächliche Bewegung des Ventilgliedes 18 aus seinen beiden Endstellungen, der Schließstellung und Offenstellung, heraus.

Aus den bekannten Gründen des unterschiedlichen Verlaufs beim Aufbau und Abbau des Magnetfeldes in der Magnetspule 34 ergeben sich unterschiedliche Anstieg- und Abfallkurven zwischen *BSP* und *BEP* einerseits und *BÖP* und *EFP* andererseits. Dabei ist der Einfluß des letztgenannten Anteils auf die Menge aufgrund des im Druckraum herrschenden hohen Druckes größer und geht stärker in die Bemessung der Kraftstoffeinspritzmenge ein, weshalb der Schlußpunkt *EFP* auch als Ende der Kraftstoffeinspritzung bezeichnet wird. Über die Steuereinrichtung 22 kann nunmehr dieser Bereich, um einen Faktor korrigiert, der für die Zumessung der Kraftstoffeinspritzmenge wirksamen Einspritzperiode zugeordnet werden. Es kann auch zusätzlich neben der Periode *BEP* – *BÖP* noch ein Teil des Bereiches *BSP* – *BEP* durch Multiplikation mit einem Faktor berücksichtigt werden. Die letztgenannte Phase wird als erste Bewegungsphase bezeichnet, die mit einem ersten Faktor bewertet wird, während die zuvorgenannte Phase zwischen *BÖP* und *EFP* als zweite Bewegungsphase bezeichnet und mit einem höheren, zweiten Faktor bewertet wird. Beide Bewegungsphasen gehen damit anteilig in die für die Zumessung der Kraftstoffeinspritzmenge wirksame Öffnungszeit des Ventils 20 ein.

Aufgrund der von dem Schaltstellungsgeber 21 gelieferten Signale 47 kann nun die Steuereinrichtung 22 den genauen Öffnungs- und Schließverlauf des Ventils 20 erfassen und für die Berechnung der tatsächlich zugeschriebenen Kraftstoffeinspritzmenge heranziehen. Dabei können Bauart- und Toleranzabweichungen ebenso wie Drifterscheinungen und Fehlfunktionen des Ventils 20 berücksichtigt werden, da stets der exakte Zeitpunkt der Ventilschließung bzw. Ventilöffnung erfaßt wird. Auch ein Hängenbleiben des Ventilgliedes 18 in irgend einer Stellung längs des Hubweges kann erkannt werden. Z.B. kann aus der Zeitfolge der auftretenden Bewegungsbeginnsignale und Bewegungsendesignale, vorzugsweise wenn diese mit der Zeitfolge der das Ventil ansteuernden Steuerimpulskanten verglichen werden, festgestellt werden, ob die Funktionsfähigkeit des Ven-

tils 20 eingeschränkt ist oder nicht. Es wird so ein Funktions- bzw. ein Nichtfunktionssignal erzeugt. Die von dem beschriebenen Schaltstellungsgeber 21 ausgegebenen Signale sind eindeutig abnehmbar. Der Schaltstellungsgeber 21 ist aus einfachen Schaltgliedern aufgebaut. Der Anschlag 39 für die Ankerplatte 36 kann aus Stahl bestehen. Es kann dafür auch Leitplastik zur Anwendung kommen. Anstelle der Verwendung des Ventilgliedes 18 als elektrisches Schaltglied können auch mit dem Ventilglied 18 verbundene separate Schalter verwendet werden.

Bei einer Verwendung des Ventils 20 als sog. Zumeßventil wird dieses in dem Versorgungskanal 7 angeordnet, der dann die Verbindungsleitung 16 ersetzt. In diesem Fall kommt eine umgekehrte Schaltlogik zur Anwendung. Der Hubverlauf des Ventilgliedes 18 hätte dann denselben Verlauf wie in Fig. 3 im oberen Diagramm dargestellt ist, nur wäre das Ventil bei *BSP* geschlossen, bei *BEP* – *BÖP* offen und bei *EEP* wieder geschlossen. Diese Punkte beschreiben dann entsprechend die Kraftstoffzumeßphase, in der der Pumpenarbeitsraum 6 mit der zugemessenen Kraftstoffmenge gefüllt wird. Zur Erzielung dieser Schaltfunktionen wird entweder die Magnetspule 34 entsprechend mit anderen Steuerzeiten erregt oder es wird der Druckfeder 37 eine andere Wirkrichtung gegeben. Die Kraftstoffeinspritzpumpe kann vorteilhaft auch als Radialkolbenpumpe verwirklicht werden.

Das in Fig. 4 im Längsschnitt dargestellte weitere Ausführungsbeispiel des Ventils 20 in Fig. 1 unterscheidet sich von dem in Fig. 2 dargestellten Ventil 20 lediglich durch eine andersartige Ausbildung des Schaltstellungsgebers 21'. Der Aufbau des mit 20' bezeichneten Ventils ist bis auf die fehlenden Isolierschichten 35 und 38 und einen andersartigen Anschluß der Zuleitung 41 identisch mit dem in Fig. 2 beschriebenen Ventil 20, so daß gleiche Bauteile mit gleichen Bezugssymbolen versehen sind.

Der in Fig. 5 im einzelnen dargestellte Schaltstellungsgeber 21'; ist an dem Anschlag 39 zur Hubbegrenzung des Ventilgliedes 18 befestigt. Der Anschlag 39 ist hier als Bolzen 50 ausgebildet, der mit seinem Schaft 51 mittels eines Außengewindes 53 im Ventilgehäuse 40 verschraubt ist und mit seinem Kopf 52 der mit dem Ventilglied 18 starr verbundene Ankerplatte 36 zugekehrt ist. Der Schaft 51 weist eine sich vom Schaftende her axial erstreckende Sackbohrung 54 mit einem Innengewinde 55 auf. Am Bohrungsgrund 56 ist eine Scheibe 57 aus piezoelektrischer Keramik, im folgenden Piezoscheibe 57 genannt, des Schaltstellungsgebers 21' angeordnet. Die Piezoscheibe 57 trägt auf beiden Stirnflächen jeweils metallisierte Elektrode 58, 59. Die Piezoscheibe 57 liegt mit der einen Elektrode 58 unter Herstellung eines elektrischen Kontaktes auf dem Bohrungsgrund 56 auf und wird über einen auf der anderen Elektrode 59 aufliegenden Anpreßring 60 aus Isoliermaterial am Bohrungsgrund 56 verspannt. Die Verspannung erfolgt dabei über eine hohlyzindrische Feststellschraube 61, die in dem Innengewinde 55 verschraubt ist und sich mit ihrer stirnförmigen Ringfläche 62 auf dem Anpreßring 60 aufpreßt. Zwischen der Stirnfläche des Anpreßrings 60 und der diesem zugekehrten Elektrode 59 der Piezoscheibe 57 ist ein scheibenförmiger Kontaktring 63 angeordnet, der mit einem Steckkontakt 64 mechanisch und elektrisch verbunden ist. Der Steckkontakt 64 tritt durch die Ringöffnung des Anpreßrings 60 hindurch und erstreckt sich axial im Innern der Feststellschraube 61. Der Kontakt 63, der Steckkontakt 64

und der Anpreßring 60 sind als Baueinheit ausgebildet. Auf dem Steckkontakt 64 sitzt ein in Fig. 5 strichliniert angedeuteter Stecker 65, der mit einer durch das Ventilgehäuse 40 isoliert hindurchgeführten Zuleitung 66 elektrisch leitend verbunden ist. Die Zuleitung ist mit einem Anschluß eines Spannungsmeßgerätes 67 verbunden, dessen anderer Anschluß an dem Ventilgehäuse 40 liegt. Alternativ kann die Piezoscheibe 57 des Schaltstellungsgebers 21' statt nahe des freien Endes des Schaftes 51 des Bolzens 50 auch unmittelbar im Kopf 52 des Bolzens 50 angeordnet werden.

Beim Aufschlagen des Ventilgliedes 18 einerseits auf den Ventilsitz 17 und andererseits auf den Anschlag 39 infolge der Bestromung der Magnetspule 34 oder der Stromunterbrechung zur Magnetspule 34 werden Körperschallwellen induziert, welche zu einer mechanischen Beanspruchung der Piezoscheibe 57 führen. Durch diese Beanspruchung der Piezoscheibe 57 bilden sich auf deren Elektroden 58, 59 elektrische Ladungen. Diese elektrischen Ladungen werden über den Steckkontakt 64 und den Stecker 65 dem Meßgerät 67 zugeführt und nach Verstärkung als Signal 47 an die Steuereinrichtung 22 gegeben.

In Fig. 6 ist die Wirkungsweise des Schaltstellungsgebers 21' in drei Diagrammen erläutert. Diagramm a zeigt den Spannungsverlauf des an der Magnetspule 34 anliegenden Steuerimpulses zur Ventilsteuerung, Diagramm b zeigt den Verlauf des Erregerstromes der Magnetspule 34 und Diagramm c zeigt den vom Spannungsmeßgerät 67 nach Verstärkung erfaßten Spannungsverlauf als Ausgangssignal des Schaltstellungsgebers. Zum Zeitpunkt  $t=0$  wird mittels des Steuerimpulses die Magnetspule 34 angesteuert. Im Punkt *BEP* schlägt das Ventilglied 18 auf dem Ventilsitz 17 auf. Die Körperschallwelle verursacht im Ausgangssignal des Schaltstellungsgebers 21' eine Veränderung, die im Diagramm c in Fig. 6 zum Zeitpunkt *BEP* deutlich zu erkennen ist. Zum Zeitpunkt  $t=t_1$  wird die Magneterregung abgeschaltet. Nach einer Ausschaltverzugszeit wird der Punkt *BÖP* erreicht. Das Ventilglied 18 beginnt sich zu öffnen und schlägt im Zeitpunkt *EEP* an dem Anschlag 39 an. Das Anschlagen der mit dem Ventilglied 18 verbundenen Ankerplatte 36 an dem Anschlag 39 löst wieder eine Körperschallwelle aus, die erneut die Piezoscheibe 57 mechanisch beansprucht und dadurch eine Veränderung im Ausgangssignal des Schaltstellungsgebers 21' verursacht. Die Signalveränderung zum Zeitpunkt *EEP* ist im Diagramm c der Fig. 6 deutlich zu erkennen. Die Steuereinrichtung 22 der Kraftstoffeinspritzvorrichtung kann nunmehr in gleicher Weise wie vorstehend beschrieben mit Hilfe des vom Spannungsmeßgerät 67 ausgegebenen Spannungssignals (Diagramm c in Fig. 6) den genauen Öffnungs- und Schließverlauf des Ventils 20' erfassen und für die Berechnung der tatsächlich zugemessenen Kraftstoffeinspritzmenge heranziehen.

Das in Fig. 7 in einem weiteren Ausführungsbeispiel im Längsschnitt dargestellte Ventil 20", das wiederum als 2/2-Wege-Magnetventil ausgebildet ist, stimmt bis auf den Schaltstellungsgeber 21" mit den beiden vorstehend beschriebenen Ventilen 20 und 20' überein, so daß gleiche Bauteile mit gleichen Bezugssymbolen versehen sind. Der Anschlag 39 zur Hubbegrenzung des Ventilgliedes 18 ist von einer isoliert im Ventilgehäuse 40 angeordneten metallischen Ringscheibe 70 umgeben, die über eine isoliert durch das Ventilgehäuse 40 hindurchgeführte elektrische Zuleitung 71 mit einem Anschluß einer Meßvorrichtung 72 verbunden ist, deren

anderer Anschluß an dem Ventilgehäuse 40 liegt. Die Ringscheibe 70 bildet zusammen mit der mit dem Ventilglied 18 verbundenen Ankerplatte 36 einen Ringkondensator, dessen Kapazität proportional der Fläche der Ringscheibe 70 und umgekehrt proportional dem Abstand zwischen Ringscheibe 70 und Ankerplatte 36 ist. Mit sich änderndem Abstand der Ankerplatte 36 von dem Anschlag 39 ändert sich damit auch die Kapazität des Ringkondensators, die somit in direkter Abhängigkeit zum Hub des Ventilgliedes 18 steht. Die Meßvorrichtung 72 erfaßt mittels bekannter Auswertemethoden (z.B. Trägerfrequenz, LC-Schwingkreis, Frequenzdiskriminatör, Ladungsverstärker etc.) die Kapazitätsänderung des Ringkondensators und gibt ein entsprechendes Spannungssignal 47, das ein Maß für die momentane Schaltstellung des Ventils ist, an die Steuereinrichtung 22, die dieses Spannungssignal in gleicher Weise auswertet, wie vorstehend beschrieben. Der Aufbau des Schaltstellungsgebers 21" als Ringkondensator ist in Fig. 8 vergrößert dargestellt, in welcher auch deutlich zu sehen ist, daß zur isolierten Befestigung der Ringscheibe 70 diese auf einem ringförmigen Träger 73 stirnseitig aufgesetzt ist, der seinerseits im Ventilgehäuse 40 befestigt ist.

Der Hubverlauf des Ventilglieds 18 des Ventils 20" bei Bestromung der Magnetspule 34 bzw. bei Unterbrechung der Bestromung entspricht exakt dem oberen Diagramm in Fig. 3. Bei stromloser Magnetspule 34 ist das Ventilglied 18 in Offenstellung und liegt über die Ankerplatte 36 an dem Anschlag 39 an. Die Kapazität des Ringkondensators ist am größten und dient als Bezugskapazität für die Meßvorrichtung 72. Bei Bestromung der Magnetspule 34 beginnt im Punkte *BSP* nach einer Einschaltverzugszeit die Ankerplatte 36 sich von dem Anschlag 39 abzuheben. Bei sich zunehmend auf den Ventilsitz 17 zu bewegenden Ventilglied 18 nimmt der Abstand der Ankerplatte 36 von der Ringscheibe 70 zu, wodurch sich die Kapazität des Ringkondensators verkleinert. Im Punkte *BEP* sitzt das Ventilglied 18 auf dem Ventilsitz 17 auf und das Ventil 20" ist geschlossen. Die Kapazität des Ringkondensators hat ein Minimum erreicht, und die von der Meßvorrichtung 72 erfaßte Kapazitätsänderung ein Maximum. Das Maximum der Kapazitätsänderung ist damit ein Maß für das Erreichen der Schließstellung des Ventils 20". Nach Abschaltung der Bestromung beginnt nach einer vorausgegangenen Ausschaltverzugszeit im Punkte *BÖP* sich das Ventilglied 18 vom Ventilsitz 17 abzuheben und sich unter der Wirkung der Druckfeder 37 von dem Ventilsitz 17 zu entfernen. Dabei verkleinert sich der Abstand der Ankerplatte 36 von der Ringscheibe 70, und die Kapazität des Ringkondensators vergrößert sich zunehmend. Im Punkte *EEP* schlägt die Ankerplatte 36 auf dem Anschlag 39 auf, der Ringkondensator hat wieder seine größte Kapazität erreicht. Die in der Meßvorrichtung 72 erfaßte Kapazitätsänderung hat wiederum ein Maximum erreicht und signalisiert das Erreichen der Endstellung des Ventilgliedes 18 und damit die Offenstellung des Ventils 20". Da das Ventil 20" ebenfalls wie die beiden anderen Ventile 20 und 20' als Absteuerventil in der Verbindungsleitung 16 vom Pumpenarbeitsraum 6 zum Saugraum 8 liegt, wird mit Schließen des Ventils 20" die Kraftstoffzumeßphase eingeleitet und mit Öffnen des Ventils 20" die Kraftstoffzumeßphase beendet. Das Maximum der Kapazitätsänderung stellt damit immer ein Bewegungsendesignal des Ventilgliedes 18 dar. Das erste Bewegungsendesignal kennzeichnet damit den Schließzustand und das zweite Bewegungsendesignal

den Öffnungszustand des Ventils 20". Die beginnende Kapazitätsänderung kennzeichnet jeweils den Bewegungsbeginn des Ventilgliedes 18. Die Steuereinrichtung 22 erfaßt wiederum den Zeitabstand zwischen einem ersten Bewegungsendesignal und einem folgenden Bewegungsbeginnsignal als Istwert für die zumeßwirksame Steuerzeit des Ventils 20". Während dieser Steuerzeit wird das Ventil 20" in seinem Schließzustand gehalten. Wie bereits zu Fig. 1 erwähnt, können auch hier die erste Bewegungsphase des Ventilglieds 18 zwischen den Punkten *BSP* und *BEP*, die sog. Einschaltflugzeit, und die zweite Bewegungsphase zwischen den Punkten *BÖP* und *EEP*, die sog. Ausschaltflugzeit, nach einer entsprechenden Bewertung mit einem ersten und zweiten Faktor der zumeßwirksamen Steuerzeit hinzudiert werden.

Auch das Ventil 20" mit dem Schaltstellungsgeber 21" kann als sog. Zumeßventil verwendet werden, das dann unter Wegfall der Verbindungsleitung 16 in dem Versorgungskanal 7 anzugeordnen ist. In dem identischen Hubverlauf des Ventilglieds 18, wie er in dem ersten Diagramm der Fig. 3 dargestellt ist, kennzeichnet dann das erste Bewegungsendesignal (im Punkte *BEP*) den Öffnungszustand und das zweite Bewegungsendesignal (im Punkte *EEP*) den Schließzustand des Ventils 20". Die zumeßwirksame Steuerzeit des Ventils 20" zwischen dem ersten Bewegungsendesignal (im Punkte *BEP*) und dem folgenden Bewegungsbeginnsignal (im Punkte *BÖP*) hält das Ventil 20" während des Saughubs des Pumpenkolbens 3 in seinem Öffnungszustand.

**- Leerseite -**

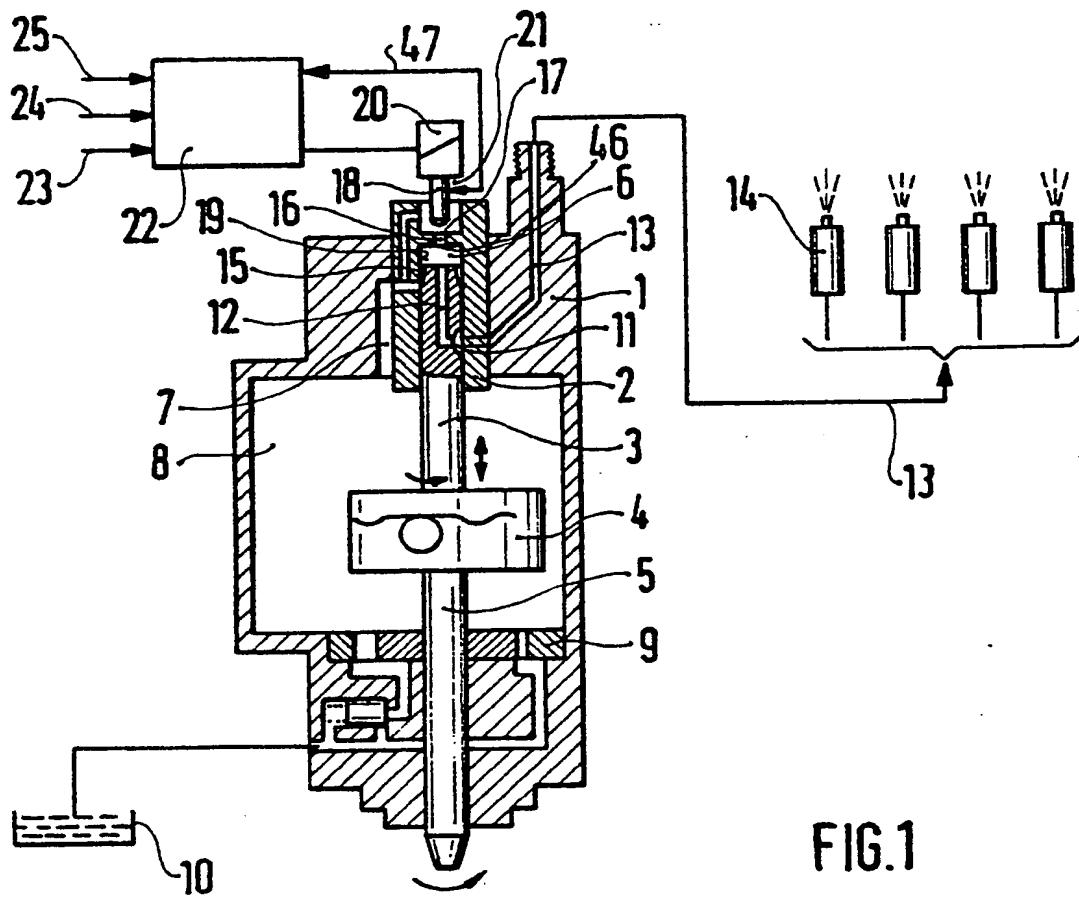


FIG.1

2/6

3633107

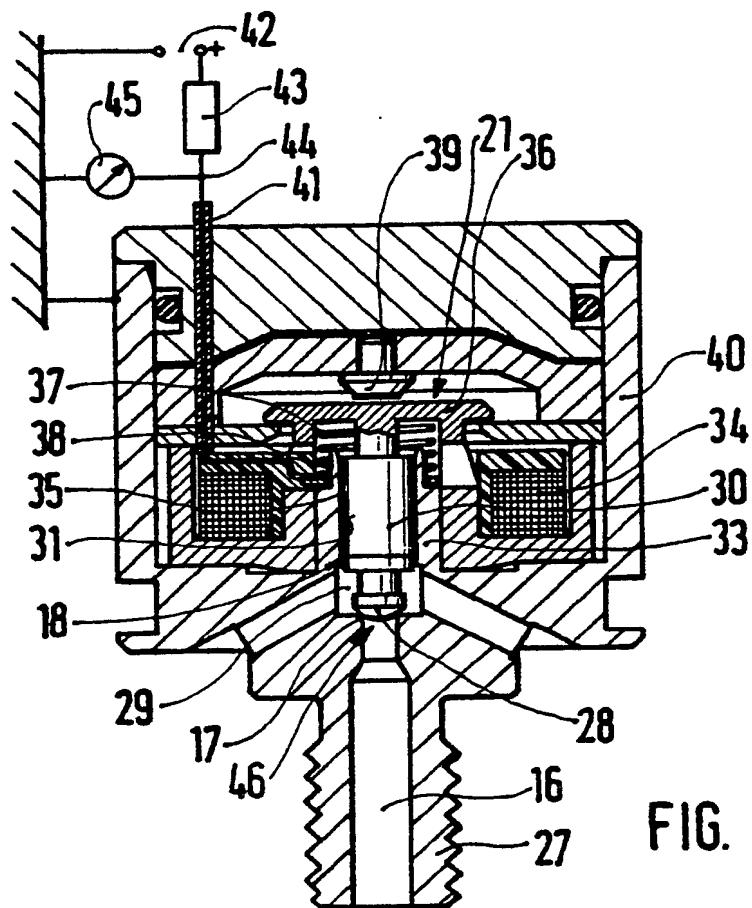


FIG. 2

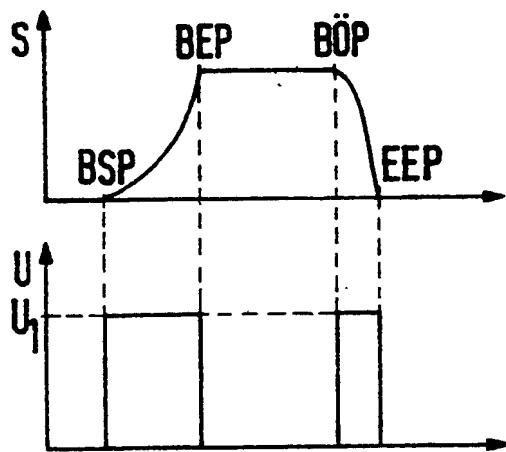


FIG. 3

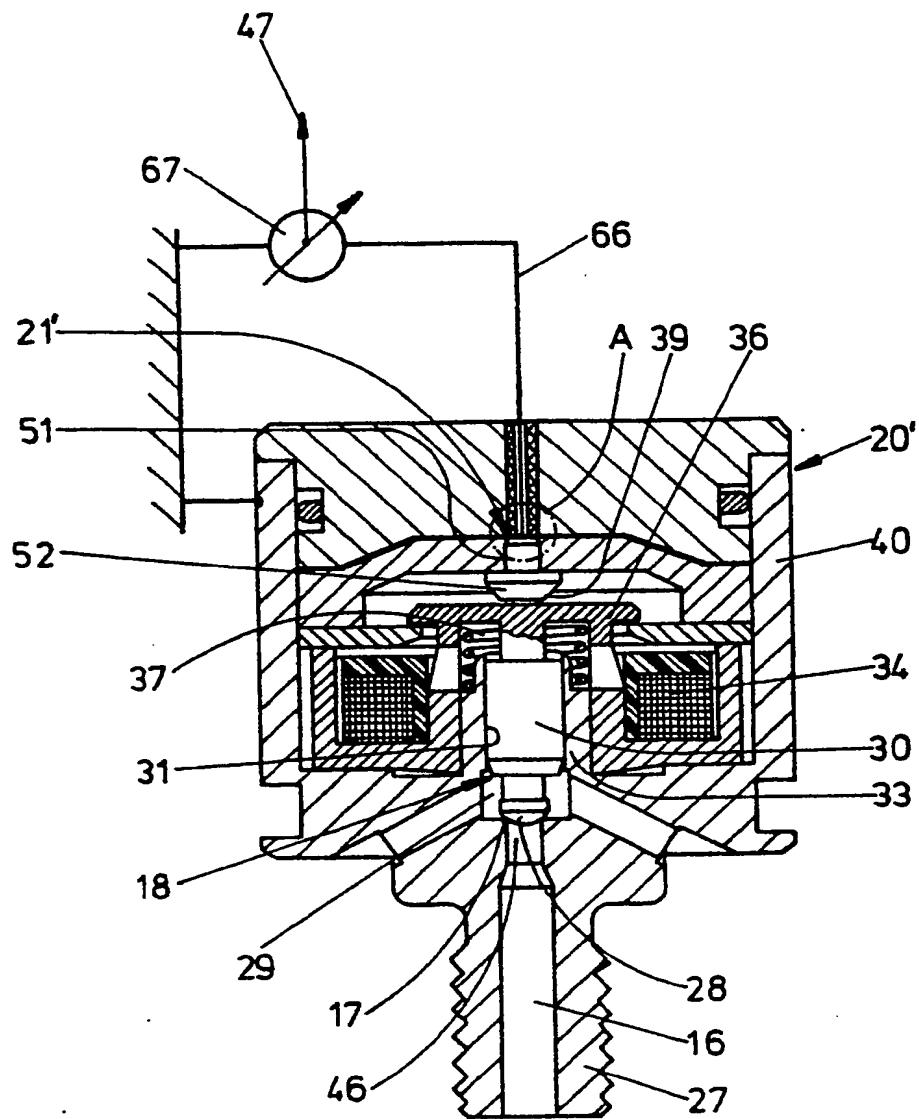


Fig. 4

4/6

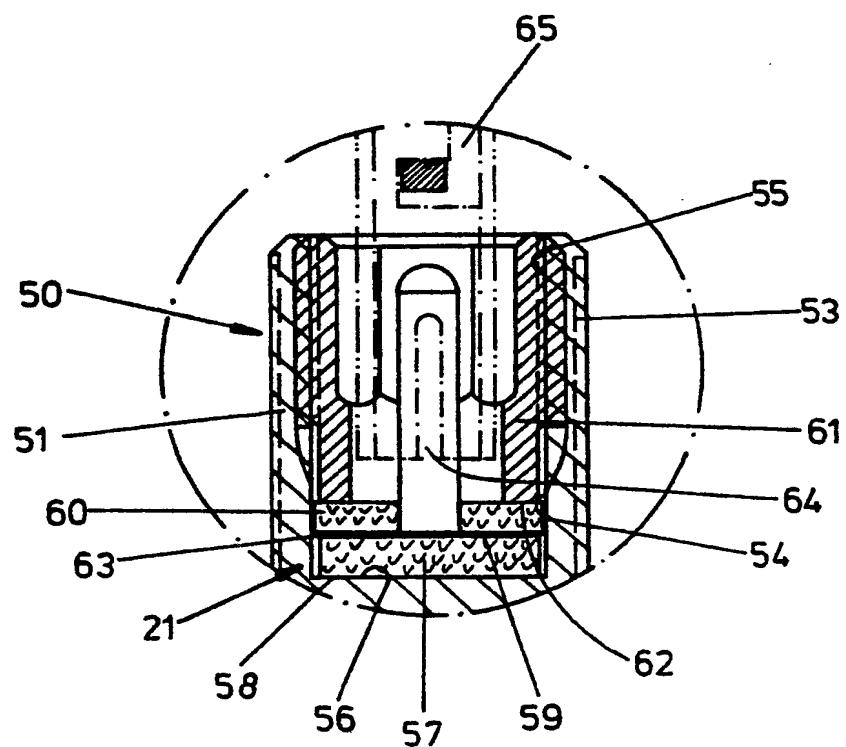
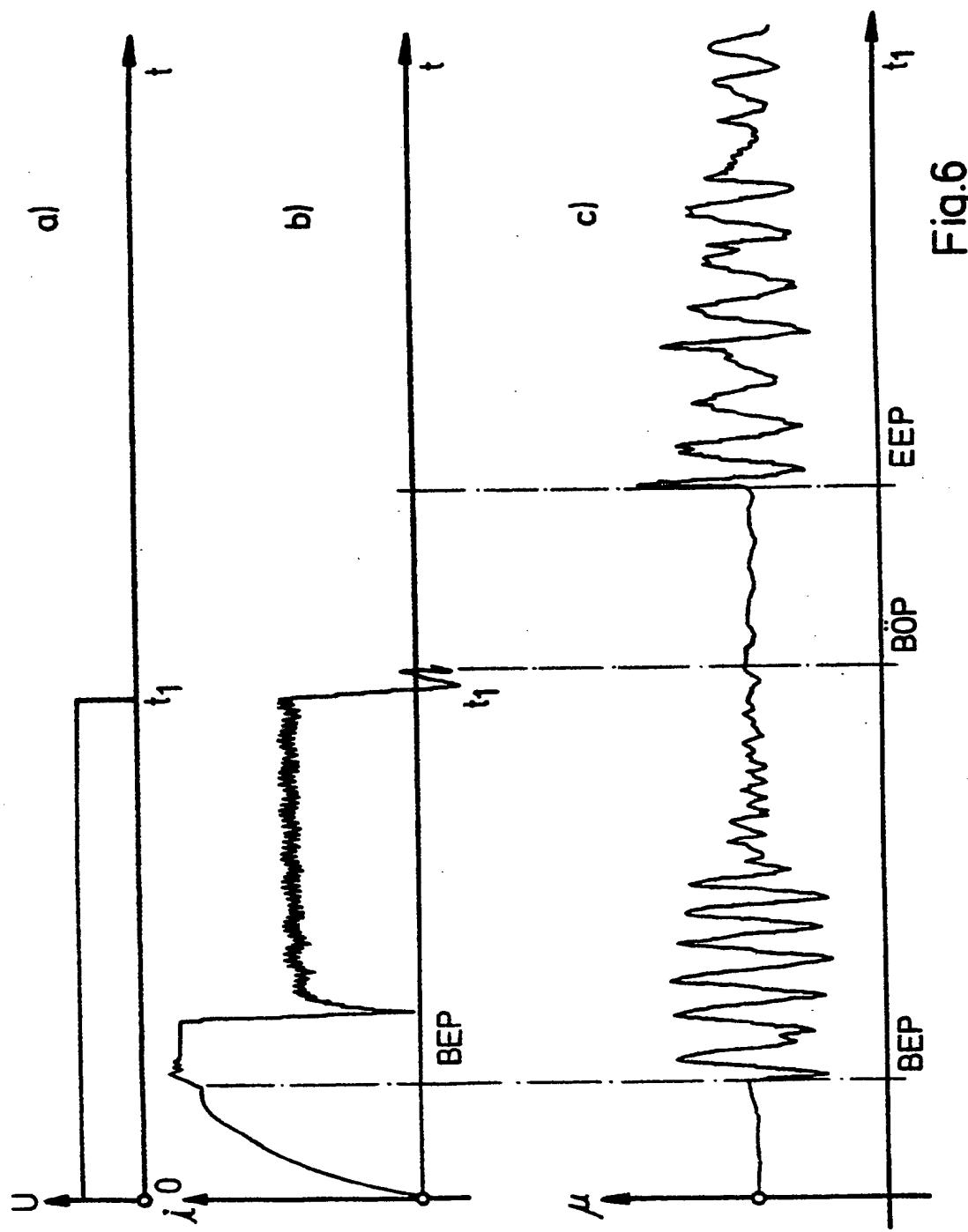


Fig.5



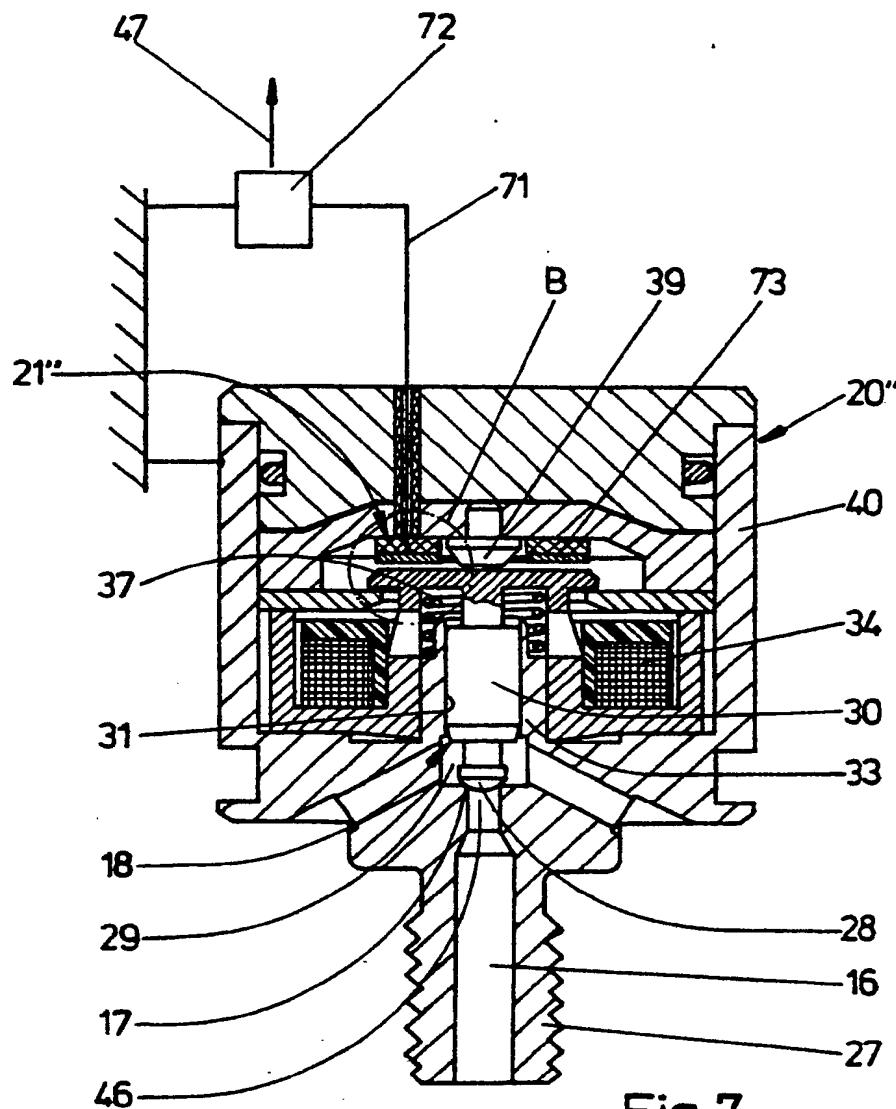


Fig. 7

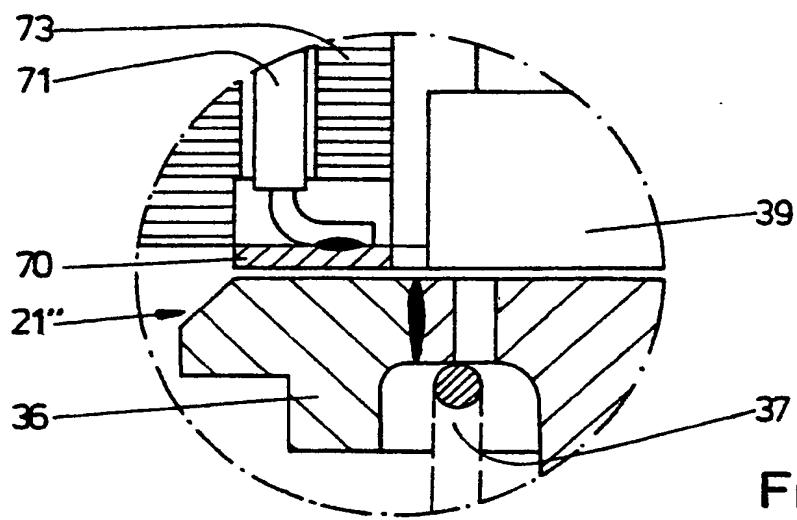


Fig. 8

ORIGINAL INSPECTED